田

マイクロバブル発生ノズル
「OKE-MATRIX-MB01」

取扱説明書と実験現状

２００７．５

２００８．１

（有）OK エンジニアリング

連絡・問合せはメールで

メール：oke@s3.dion.ne.jp

田んぼで実験写真

―――目次―――

1.はじめに

（1）マイクロバブルとは　（2）マイクロバブルの研究と応用

（3）マイクロバブル発生メカニズムと既存のノズル

2．マイクロバブル発生ノズル「OKE-MATRIX－MB01」――　ループ流方式

(1)　新型ノズルは　――　特許申請中　（2）新型ノズルの機能と特徴

(3)　第一弾の商品　――　バスルームで使用するもの

3．マイクロバブル発生操作方法

(1)　浴槽にマイクロバブルを発生させる　(2)　シャワーヘッドを使用しない場合

（3）シャワーヘッドを使用する場合　（4）マイクロバブル発生状況写真

4．ジャグジー使用の操作方法

（1）ジャグジーの特徴　（2）ジャグジーを楽しむ

（3）注意点と留意すること

5.おわりに

（1）なぜ「取扱説明書」を作成したのか　（2）モニターのお願い&協力者募集

追記１：浴槽のマイクロバブル濃度をあげる方法

（1）簡易加圧溶解タンクの開発（2）極微量のエアーを自吸

（3）ノズル No.24 のテスト

追記２：　自吸真空度の高いノズルの開発

追記３：　界面活性剤、海水とバブル径

（1）界面活性剤添加前の写真（2）界面活性剤添加後の写真

（3）海水での実験

ノズルセット

マイクロバブル発生ノズルと操作方法

１.はじめに

(有) OK エンジニアリング　松永 大

（１）マイクロバブルとは

マイクロバブルとは非常に微細な泡のことです。一般的には数十ミクロン以下の泡をマイクロバブルと言っています。正確な規定はありません。（１ミクロンは 1,000 分の１ミリ）目で見る限り「泡」と言うよりも「白い濁り」に見えます。水に含まれる気体の量によって濃さが決まります。例えば、加圧溶解タンク（４kg/m²）で十分気体を溶解させた水をこの新型ノズル（写真１）で噴射すると、牛乳のように真白（右写真）になります。水道水の場合は「白い薄い濁り」に見えます。放置すれば３～７分の時間で元の透明な水に戻ります。水よりお湯のほうが白く濁ります。

20 ミクロン前後

（２）マイクロバブルの研究と応用

マイクロバブルの研究は、２０年ほど前から研究所レベルで行われていましたが、現在環境、食品、医学、工業まで色々な分野でマイクロバブルの働きや特性の研究が行われ始め、マイクロバブルの性質が解明されつつあります。

マイクロバブルが世間で知られるようになったのは、７年前に NHK で「マイクロバブルと牡蠣養殖」が放映されてからです。広島の牡蠣養殖が赤潮で被害を受け、その対策として用いられたのがマイクロバブルです。この時、大きな副産物として牡蠣が倍のスピードで成長し、今通常出荷まで２年かかるのに１年で出荷、３０年ぶりに「ワカ」（身が柔らかくジューシーで非常にうまい）が復活したと報じられました。

養殖の分野では牡蠣、ホタテ、真珠、車えび、うなぎなどに活用が広がっています。マイクロバブルは養殖だけでなく、牡蠣の殺菌洗浄、生けす、観賞用水槽、水耕栽培、風呂、水の浄化、アオコ対策、各種油浮上分離、洗浄機、脱臭、医学関係、船舶の抵抗低減などに利用されつつあります。

アオコ浮上分離

「マイクロバブルの世界――水と気体の織りなす力」（宮本誠著）を読んでもらうとマイクロバブルの全体像が理解できます。（「マイクロバブル宮本」でネット検索可）

（３）マイクロバブル発生メカニズムと既存のノズル

マイクロバブル発生メカニズムの種類は１０種類ほどありますが、「ノズル」を用いたものは大きく分けて３種類あります。①水を旋回させて剪断する旋回流方式、②ベンチュリー管に代表される乱流によって剪断する乱流方式、③それと溶解した気体をノズルを用いて乱流によって気泡化させる加圧溶解方式に分類されます。実際にはキャビテーションと圧壊のメカニズムが作用しています。

私の開発した「新型ノズル」は、複合的多段階乱流方式＝ループ流方式です。

２．マイクロバブル発生ノズル「OKE-MATRIX－MB01」

(１)　新型ノズルは　-----　特許申請中

私が今回開発したノズルは、世間には未発表ですので、上記の本には載っていません。特許は未公開なので詳細はまだ明らかにできませんが、既存のマイクロバブル発生メカニズムと異なります。既存のノズルと比較して、この新型ノズルは機能、価格、シンプルさを総合すると高い評価を受けるのではないでしょうか。

写真１：ノズル

昨年、田んぼでマイクロバブルの実験中にマイクロバブルが見えなくなる現象（ステルスバブル）を見たのが、新型ノズル発明のきっかけでした。マイクロバブル発生装置を７年間研究していますのでその事に気付き、新型ノズルを開発し特許申請しました。

（２）新型ノズルの機能と特徴

① マイクロバブル径２０ミクロン前後を発生させます。

② 小型でも発生効率が良い。

既存のノズルと比較すると数分の１程度の大きさで同等の効率があります。

③ 自吸真空度が高い。(10 ページを参照)

④ 空気を自吸するのでジャグジー機能もあります。

自吸させると簡易ジェットバスになります。また、この機能を利用し、マイクロバブルとジャグジーを交互に発生させれば脱油洗浄機等に利用できます。

⑤ 新型ノズルの発生メカニズムは複合的ですが、機構がシンプルです。　だから超小型から大型までわりと安く製作できます。用途は広く普及タイプです。

(３)　第一弾の商品開発

最初の商品は、風呂場で利用できるもの、シャワーホースに小型ノズル(写真１)を組み込んだ「プチバブラー」。現在、モニター中です。

「牛乳色」とはいきませんが、ほんのり薄い白色の「プチ 温泉気分」にさせてくれるマイクロバブルバスを提供します。新型ノズルは、ホースに取付けるだけで OK です。

多機能タイプのノズルです。

写真 2

① 浴槽に入ればマイクロバブルバスになります。
② エアーを自吸させるとハンディージャグジーになります。
③ シャワーヘッドを装着すれば、マイクロバブルのシ ャワーになります。
④シャワー状態で「詰栓」を抜くと空気を自吸し、泡を含んだシャワーとなります。

３．マイクロバブル発生操作方法

(１) 浴槽にマイクロバブルを発生させる

① マイクロバブルを発生させるには、水道直結の給湯器であれば、シャワー専用出口に「写真２」のホースをつなぎます。シャワー専用でない蛇口の場合、アダプターが必要になります。 注意

② 水道水に含まれている空気をマイクロバブルにするので、自吸口は閉じておきます。したがって、**水道水の空気量によってマイクロバブルの量と濃さが決まります。**
（自吸量調整が微妙なので閉じていたほうが無難です。）

継手

(２) シャワーヘッドを使用しない場合

① 「写真２」のようにシャワーホースに新型ノズル（写真１）を組付けています。このままでお湯を出せば、マイクロバブルを発生します。

② 「写真３」のように右の**「継手」（付属品）**を取付けると、ノズルだけ（写真２）の状態より**マイクロバブルの発生が少し多くなります。**

写真 3

（３） シャワーヘッドを使用する場合

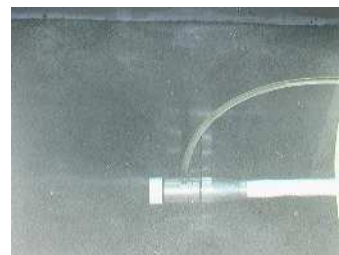
① シャワーヘッドを装着した**「写真４」**の状態にして、お湯を出してシャワーしてもマイクロバブルを発生しますので**マイクロバブルのシャワーを楽しめます。**この時は詰栓をしておいてください。

写真 4 ｝

② この状態で**シャワーヘッドを浴槽に入れれば、**少し薄いけれども**マイクロバブル風呂**になります。

③ **「詰栓」**を抜き「写真５」の状態で空気を自吸させると**大小の泡を含んだシャワー**となります。
この時は、マイクロバブルは非常に少ないようです。
ノズルのタイプ、シャワーヘッドの形状、種類によって空気を自吸出来ないことがあります。また**水圧の状態**も影響します。

写真 5

（４） マイクロバブル発生状況写真

４．ジャグジー使用の操作方法

（1）ジャグジーの特徴

ジャグジーの泡

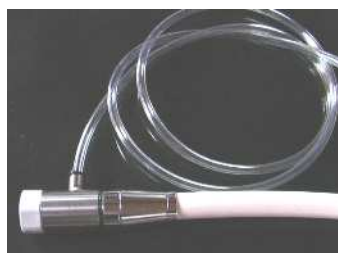
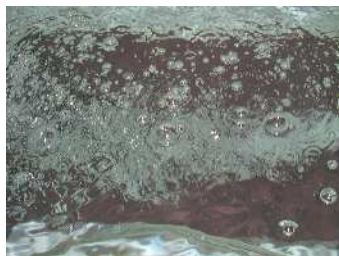
ジャグジーとして使用する場合は、基本的にはマイクロバブルは発生しません。なぜならば、空気を多く自吸し泡が大きく、0.01 秒位で泡同士が結合しやすい為です。しかし、普通の泡ではありません。右の写真である程度読取れますが、普通に発生させた「泡]と違います。

旋回流方式のノズルも３年間研究しましたが、同じような現象が生じていました。マイクロバブルの表面はマイナスの帯電をしているとする説もありますが、この泡は径が大きいので分かりません。この現象は今後の研究で正確な説が出てくるでしょう。

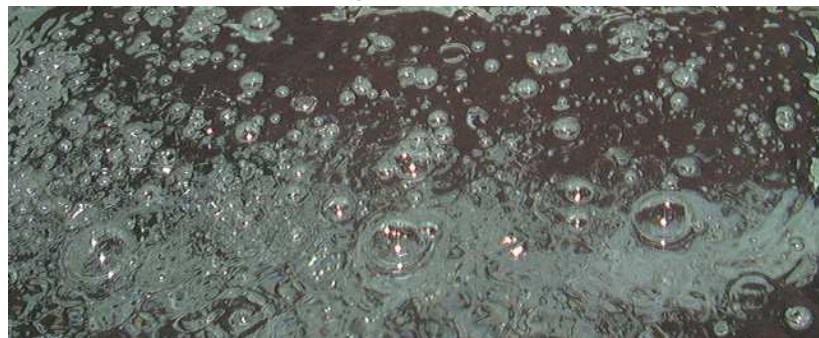
（2）ジャグジーを楽しむ

写真６

① 「写真３」の状態から「**写真６**」のように**径６ミリのホース**を組付け、ホース端面からエアーを自吸させると、ちょっとしたハンディータイプのジャグジーが楽しめます。**想像以上に水と泡が勢い良く噴射します。** 水圧によって多少の強弱は生じます。

② ホースの先に付けたノズルから噴射するので、あらゆる角度、どんな所にも当てることが出来ます。

③ ジャグジーをストップさせるには、**径６ミリのホース端面に「詰栓」**をするか、吸入口をお湯に浸けてください。または、給湯を止めて下さい。

（3）注意点と留意すること

① 使用時の圧力が２kg/mm²以上あると、ノズルが噴射の反動で強く振られますので、ノズルを手で保持するか、固定してからエアーを自吸させてください。
また、ノズルの噴射口は常に水の中に置いてください。厳守してください。

② 通常、水道水の圧力（1.5～３kg/cm²）で十分です。

５.おわりに

（１）なぜ「取扱説明書」を作成したのか

ノズルのモニターをしてもらおうと新型ノズルセットを実費でお渡しし、その時、口頭で操作方法を説明していましたが、「全くマイクロバブルが発生しない」などの声が出されるなど、十分に説明しきれてないことが判明しました。そこで、急遽「操作方法」を作成することになりました。

この説明書は新型ノズルのモニター用として、操作方法だけを記述するつもりでした。しかし、一般的にマイクロバブルの認知度が低く、「マイクロバブルの説明の必要がある」との指摘を受け、この文書を作成しました。この「取扱説明書」は、皆さんの提言をもとに今後とも利用しやすく改善する考えです。

「取扱説明書」の研究実験関係の写真は、私も所属している「生活環境科学研究所」で私たちが行ったものも掲載させていただきました。

（２）モニターのお願い&協力者募集

① ジャグジーで液体シャンプーを入れると興味深いことが起こりましたが、それ以外にもなにか面白いことが有ると思います。それを皆さんが好奇心を持って試してください。そして新しい発見をしてください。この「取扱説明書」に捉われずに。

② また、マイクロバブルの新商品のアイディアがありましたら提案をお願いします。「新型ノズル」の発生メカニズムを応用して開発します。

③ 「新型ノズル」の評価、新しい発見、新商品のアイディア、疑問に思ったこと、分からないことが生じましたら気軽に電話してください。

実費でのモニターのご協力ありがとうございます。また、モニターのご協力頂ける方を募っています。よろしくお願いします。

販売は2008年春を予定しています。

マイクロバブルを発生させ使用すること自体が、自然環境を復活し、守ることにつながると考えています。それを目的意識的に行えば、より効率的に環境を守ることになります。多くの家庭で、多くの河川で、海で、海岸で、下水処理場で、工場廃液処理に使用される時代が近い将来ることを感じます。

この事業が、数多くの仕事起こしのきっかけになれば幸いだと考えていますし、その為に皆さんと共に努力したいと思っています。(200７年５月５日初回)

2008年1月15日

（有）OKエンジニアリング
代表　松永 大

追記１：浴槽のマイクロバブル濃度をあげる方法　(2008.1.11)

（1）簡易加圧溶解タンクの開発　(2007.5～)

もっと白くならないかと要望があり、現在、水道圧だけを利用した**簡易加圧溶解タンク**の実験機を５月に作り、テスト中です。右の写真は簡易加圧溶解タンクを使用した時のもので、浴槽の3/5の水量で底が見えないくらいに密度が上がり白くなります。ほぼ満足できる位の濃さです。

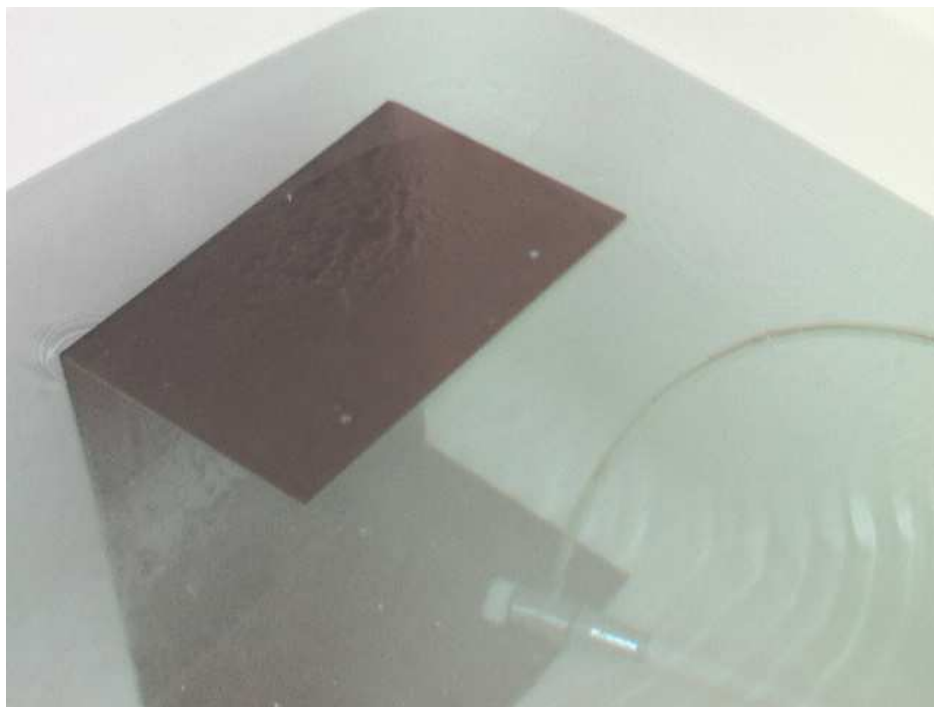
右の写真９は、シャワーヘッドを装着し簡易加圧溶解タンクを使用した時のもので、濃いマイクロバブルを発生させています。水槽の後ろに見えるのが簡易加圧溶解タンクです。

簡易加圧溶解タンクの製造販売は、2008 年９月頃を計画しています。基本的には完成しているので、さらに操作性、溶解効率、デザイン、価格低減、特許等を行い遅くても秋には販売する考えです。

写真９：溶解タンク使用

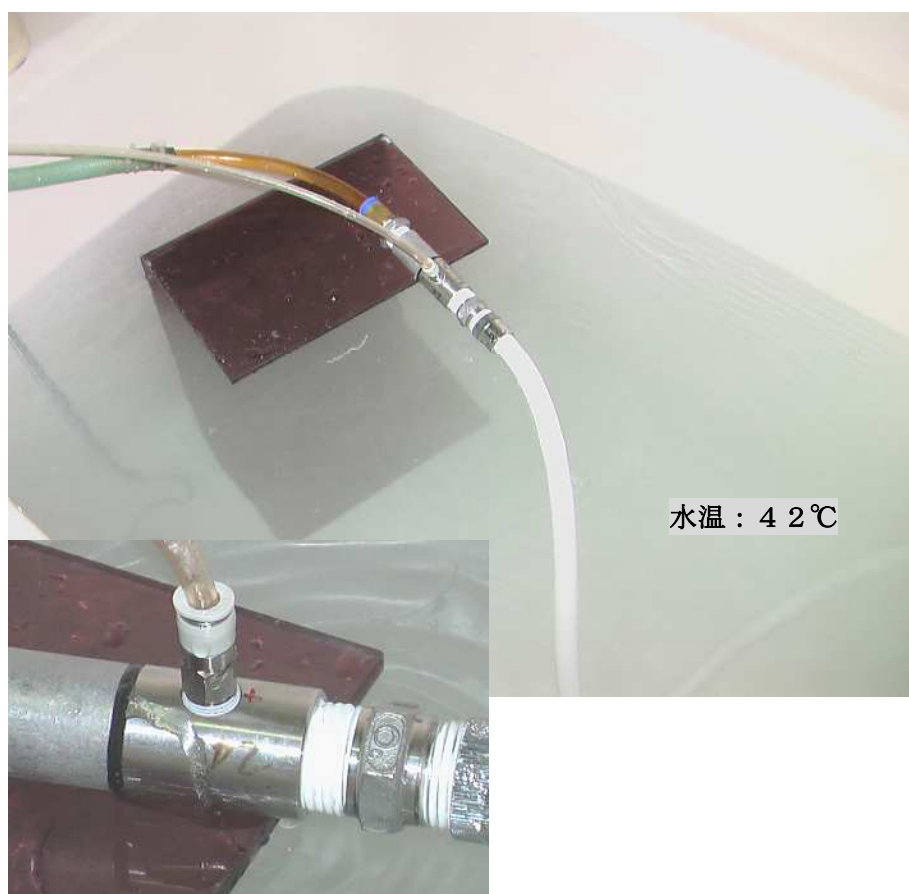
写真 10：シャワー着装

（2）極微量のエアーを自吸　(2007.5)

極微量のエアーを自吸させると写真のように少し濃くなります。この状態からエアーの自吸量を少し増やすと１mm 前後の泡が発生しマイクロバブルが薄くなります。自吸量はスピコンでコントロールしているが、調節が難しい。現在も、発生効率の高いノズルの開発を行っています。

極微量のエアーを自吸させている

（３）ノズル No.24 のテスト　（2007.12）

① 50 個ほどのテストノズルの中で一番よくマイクロバブルを発生するのはノズル No.24 です。No.24 をシャワーホースの根元に取付けてエアーを自吸させずにマイクロバブルを発生させているのが、下の写真です。ノズルだけでこれだけの濃さのマイクロバブルを発生します。シャワーヘッドは装着していません。

② シャワーホースの先端に取付けて発生させても少し薄いだけです。この時もシャワーヘッドは装着していません。

③ ノズル No.24 の自吸真空度はさほど高いことはありません。次ページに記述しているノズル No.30－③は最も自吸真空度が高いものですが、濃いマイクロバブルを発生するわけでもありません。自吸真空度が高くなるとキャビテーションが起こりやすくなり、大きなバブルも少量発生するようになります。その為、マイクロバブルの密度が薄くなっているようです。

自吸真空度と濃さは単純に比例しているのではないようです。いままでの実験結果からすると、理想的な自吸真空度が数値的に推測できそうです。

④ 現在、もっとも濃いマイクロバブルを発生するのはノズル No.24 をホース根元に取付けた時です。条件出しの実験をしています。

追記２：自吸真空度の高いノズルの開発と到達点　（2008.1.11）

（１）　最も真空度が高いノズル No.30 - ③の実験結果（Ⅰ）

実験装置のホース根元（1.6m）にノズルを装着。シャワーヘッドは ON,OFF 付。

ポンプ吐出量をコントロールして水圧を設定した。吐出圧 MAX0.3MPa のポンプ。

① 水圧が 0.10MPa でシャワーヘッド装着時、ノズル撹拌部の 真空度は 0.005MPa
　シャワーヘッド無しの時、ノズル撹拌部の 真空度は 0.020MPa

② 水圧が 0.18MPa でシャワーヘッド装着時、ノズル撹拌部の 真空度は 0.019MPa
　シャワーヘッド無しの時、ノズル撹拌部の 真空度は 0.051MPa

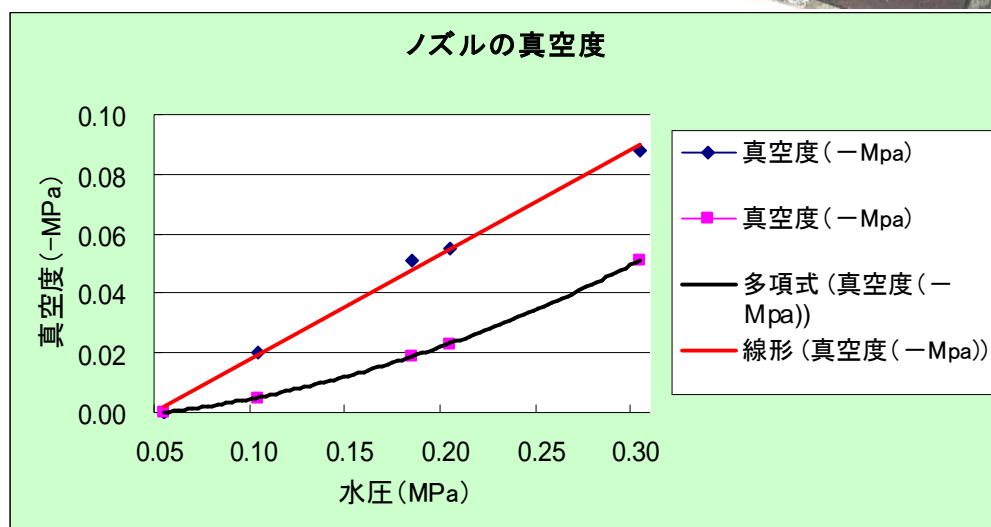
③ 水圧が 0.20MPa でシャワーヘッド装着時、ノズル撹拌部の 真空度は 0.023MPa
　シャワーヘッド無しの時、ノズル撹拌部の 真空度は 0.055MPa

④ 水圧が 0.30MPa でシャワーヘッド装着時、ノズル撹拌部の 真空度は 0.051MPa
　シャワーヘッド無しの時、ノズル撹拌部の 真空度は 0.088MPa

⑤ 逆止弁を付けている状態での 自吸の限度水圧は、0.0７5～0.08ＭＰａ

⑥ 逆止弁無しのときの 自吸の限度水圧は、約０.０５ＭＰａ

⑦ 水圧が何 MPa で真空度が 0.1MPa になるか実験
する必要がある。

＜MPa(メガパスカル)とは＞

パスカル（pascal、Pa）は国際単位系 (SI) の圧力・応力の単位である。その名前は、圧力に関する「パスカルの原理」に名を残すブレーズ・パスカルに因む。1 パスカルは、1 平方メートル (m^2) の面積につき 1 ニュートン (N) の力が作用する圧力または応力と定義されている。　－

1 気圧（標準大気圧）(atm) = 101 325 Pa = 1 013.25hPa = 101.325kPa　=0.101325MPa　。

以前は、1 気圧＝１kg/ｃｍ² の単位で表示されていた。

空気も物質であるため質量があり、地球を覆っている大気の層によって海面では面積 $1cm^2$ あたり約 1kg（水銀柱で約 76cm、水の場合約 10m に相当）の圧力がかかる。これを大気圧または単に気圧という。高所ほどその上方にある空気柱の高さが低くなるので、気圧は低くなる。海面での大気圧を 1 とする圧力の単位としても用いられる。

（２）　最も真空度が高いノズル No.30 - ③の実験結果(Ⅱ)

実験装置のホース先端（1.6m）にノズルを装着。シャワーヘッドは ON,OFF 付。

ポンプ吐出量をコントロールして水圧を設定した。吐出圧 MAX0.3MPa のポンプ。

⑧　水圧が 0.10MPa でシャワーヘッド装着時、ノズル撹拌部の
シャワーヘッド無しの時、ノズル撹拌部の 真空度は 0.026MPa

⑨　水圧が 0.15MPa シャワーヘッド無しの時、ノズル撹拌部の 真空度は 0.032MPa

⑩　水圧が 0.18MPa でシャワーヘッド装着時、ノズル撹拌部の
シャワーヘッド無しの時、ノズル撹拌部の 真空度は 0.046MPa

⑪　水圧が 0.20MPa でシャワーヘッド装着時、ノズル撹拌部の
シャワーヘッド無しの時、ノズル撹拌部の 真空度は 0.054MPa

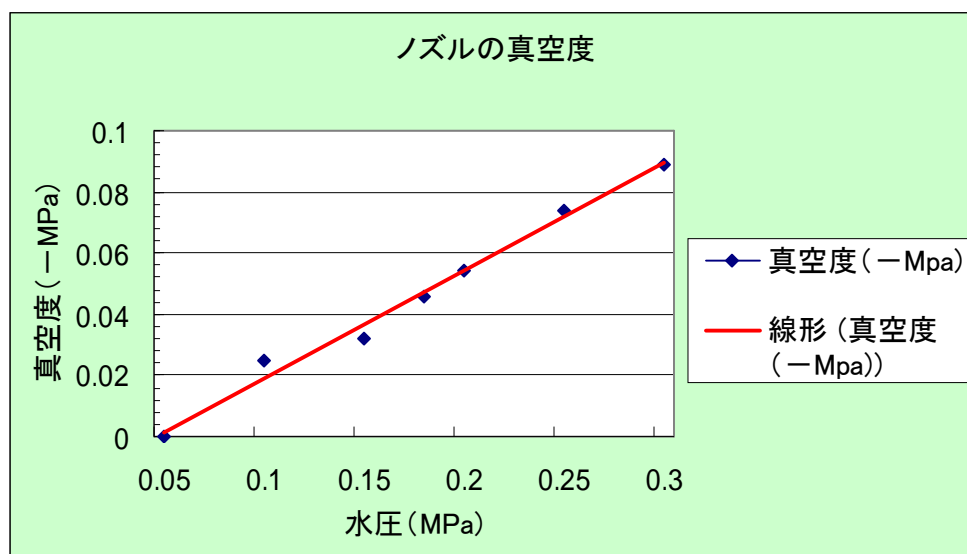
⑫　水圧が 0.25MPa シャワーヘッド無しの時、ノズル撹拌部の 真空度は 0.074MPa

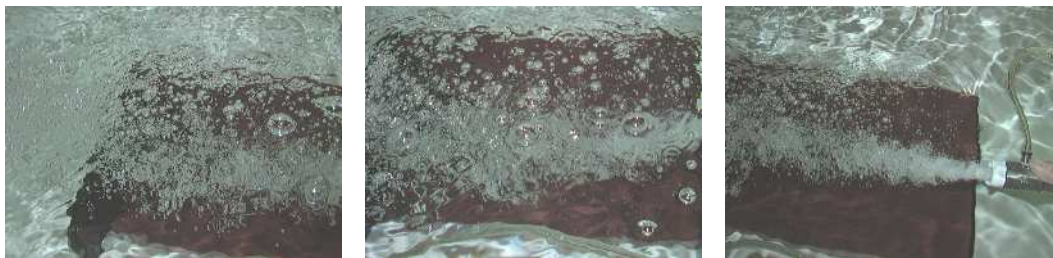
⑬　水圧が 0.30MPa でシャワーヘッド装着時、ノズル撹拌部の
シャワーヘッド無しの時、ノズル撹拌部の 真空度は 0.089MPa

⑭　逆止弁を付けている状態での 自吸の限度水圧は、0.0５ＭＰa

（３）　まとめ

①　ノズル No.30 - ③をシャワーホースの根元、先端どちらに装着しても、自吸部の真空度は同じであった。予想では先端装着のほうが吐出部の水の抵抗が少ないので、真空度は高いのではないかと思っていた。ところが吐出部の圧はほぼ同じであった。このことから推測するとマイクロバブルを含んでいるので管内抵抗が少なくなったのだろうか。

②　ノズル No.30 - ③がどれだけのエアーを自吸しているか、数値的に明らかにする課題が残っている。この為にデジタルエアー流量計を購入し測定装置を製作する必要がある。

３：界面活性剤、海水とバブル径

（１）界面活性剤を添加する前

＜界面活性剤添加なしの写真＞

（２）界面活性剤（液体ボディーシャンプー）を添加

液体ボディーシャンプー３～５cc を浴槽に入れ、ジャグジーにすると少し泡立ちますが、液体シャンプーは界面活性剤なので、発生したマイクロバブルの表面に付着し泡どうしが合体するのを防ぐ為、泡が小さいままとなりマイクロバブルを発生させ、浴槽が薄く濁ります。上の写真と下の写真を比較すると泡の大きさが全然違うのが分ります。

＜ボディーシャンプーを添加した場合の写真＞

浴槽の容積からすると添加した液体シャンプーは微量ですが、写真のように大きな変化を起こしています。ノズル内でのバブル生成時はバブル径が小さいことがこの写真によって読み取れます。この現象は、「洗浄」等に利用できます。

（３）海水での実験　（2008 年 1 月 19 日）

① 海水には NaCl などの塩類やミネラルが含まれている為バブルが合体するのを防ぎ、ジャグジー状態でもマイクロバブルを発生させます。日常的に見るのは、海を走っている船は白い泡の帯が長く続きます。しかし、琵琶湖のような淡水では白い帯はできません。淡水でも海と同じように発生時は小さな泡ですが、0.01 秒ぐらいの速さで合体してしまい大きな泡となりすぐに弾けてしまいます。

実験には三重県石倉渡船提供の海水を使用。ノズル No.30‐③、 水圧：0.175MPa 。

② 海水では、ノズルをジャグジー状態にしてもジャグジーにはならず、マイクロバブルが発生しました。想像はしていましたが、ここまで綺麗に撮影できるとは思っていませんでした。

ノズル No.30‐③で水圧 0.175MPa の海水を噴射するとノズルの真空度は、前ページの表から約－0.045MPa となります。－0.045MPa の真空度は、４５％なので

割とよく多量の空気を吸引しマイクロバブルにしています。
写真で分るように、噴射瞬間からマイクロバブルを発生しています。

③　現在、海での養殖にマイクロバブルが利用され始めていますが、このノズルは、多量のエアーを自吸するので今後が期待されると思います。

海水での実験写真

ジャグジー開始からのマイクロバブルの発生状況を写真にしました。

ジャグジー時　　ジャグジー停止状態

0.00 秒　　0.0２秒後　　0.0６秒後

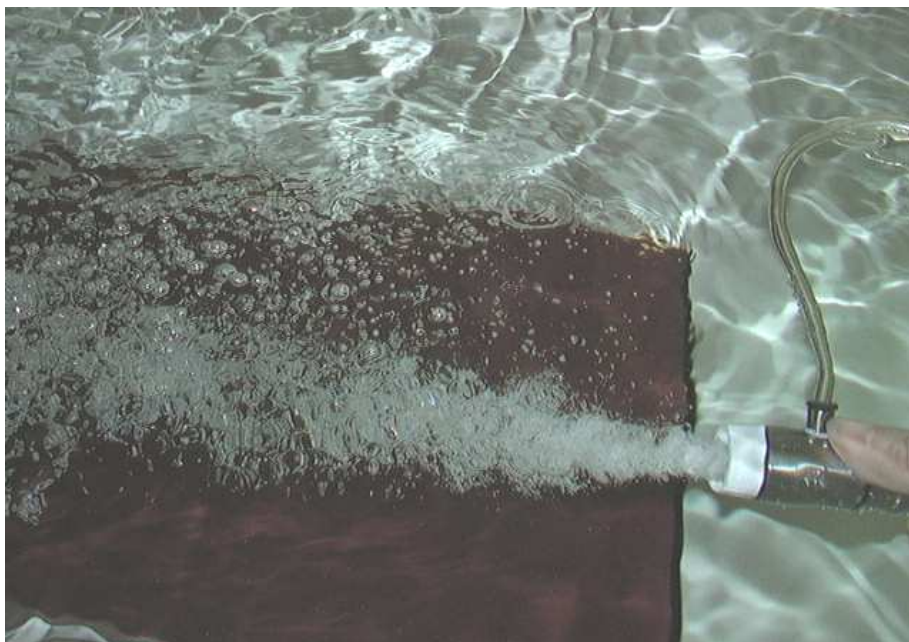
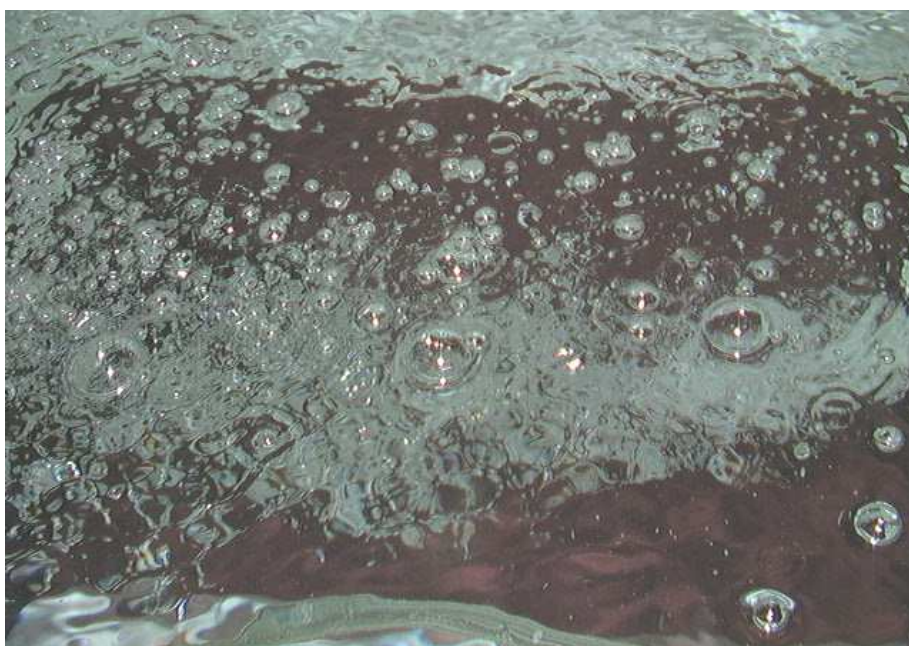
0.0８秒後　　0.12 秒後　　0.14 秒後

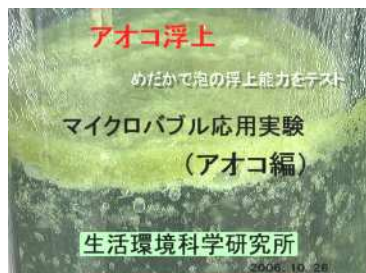
0.16 秒後　　0.26 秒後　　0.36 秒後

付属添付写真＞

ジャグジー：（ウイキペディアより）

浴槽内に勢いのある泡を出す風呂を「**噴流式泡風呂**」と言うが、「**ジェットバス**」や「**ジャグジー**」との別称もある。浴槽内を照らす照明を備えるものもある。

「噴流式泡風呂」は、イタリア系アメリカ人の Jacuzzi（ジャクージ）兄弟が起こした会社「Jacuzzi 社」の 3 代目 Roy Jacuzzi が 1968 年に開発したのが初めてとされる。その後、Jacuzzi が「噴流式泡風呂」全般を指す一般名詞となった。日本では、ジャクージが訛ってジャグジーと呼ばれるようになった。

ノズルから噴射される泡が右旋回しているのが読み取れます

この泡はむらむらとした粘り気があるように見えます

１．アオコ浮上実験　(2006.10)

バブル径は２０ミクロン前後のマイクロバブルを発生させます。バブルの寿命が長い。

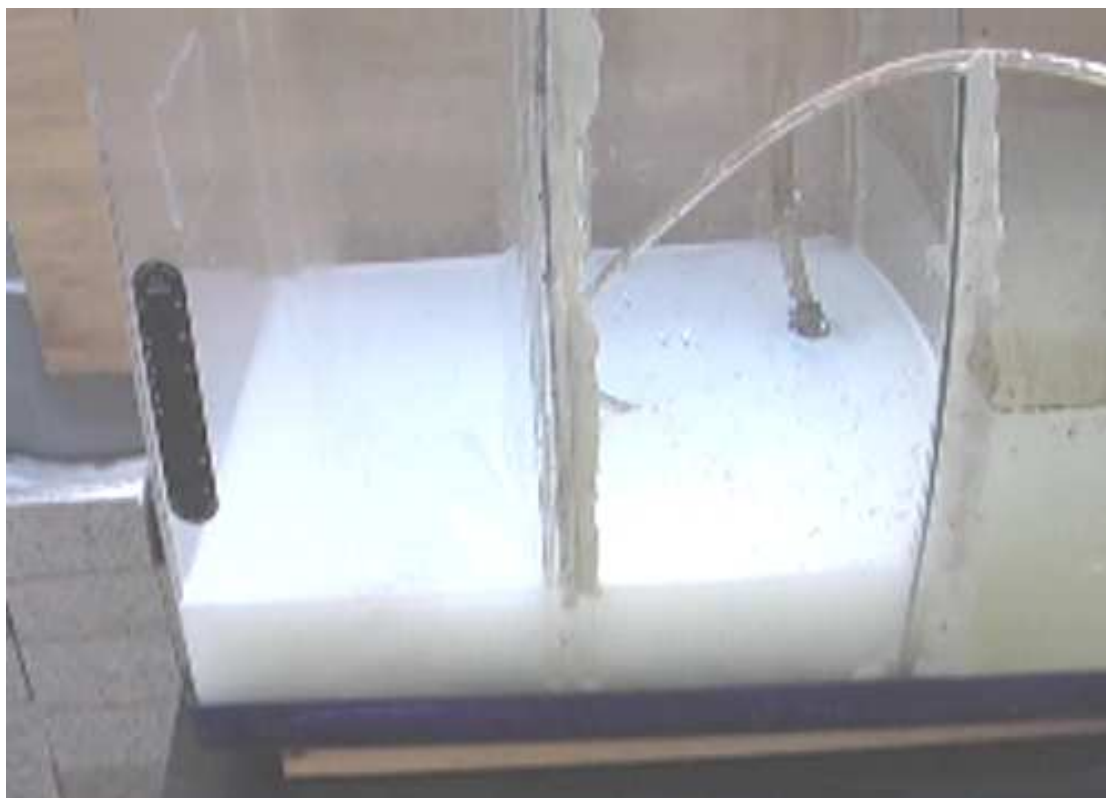
コロニーを造らないアオコに中和剤などを使用しないで、約１割のアオコを浮上させることができた。この時バブルの寿命は 10 分でした。（連続ビデオ撮影した）

バブル径 30~40 ミクロンの発生ノズルでは「このアオコ」を全く浮上させることは出来ませんでした。

（この時の吐出圧４kg/cm^2=0.4MPa）

７分時点の写真

中和剤を添加してのアオコ浮上分離は完璧

２．油浮上分離＆エマルジョン　（2006.12.28）

加圧溶解タンクの水をノズルから噴射している

（この時の吐出圧 4 kg/cm^2=0.4MPa）

３．田んぼでの実験　（2006.7～9）

MB 発生実験装置

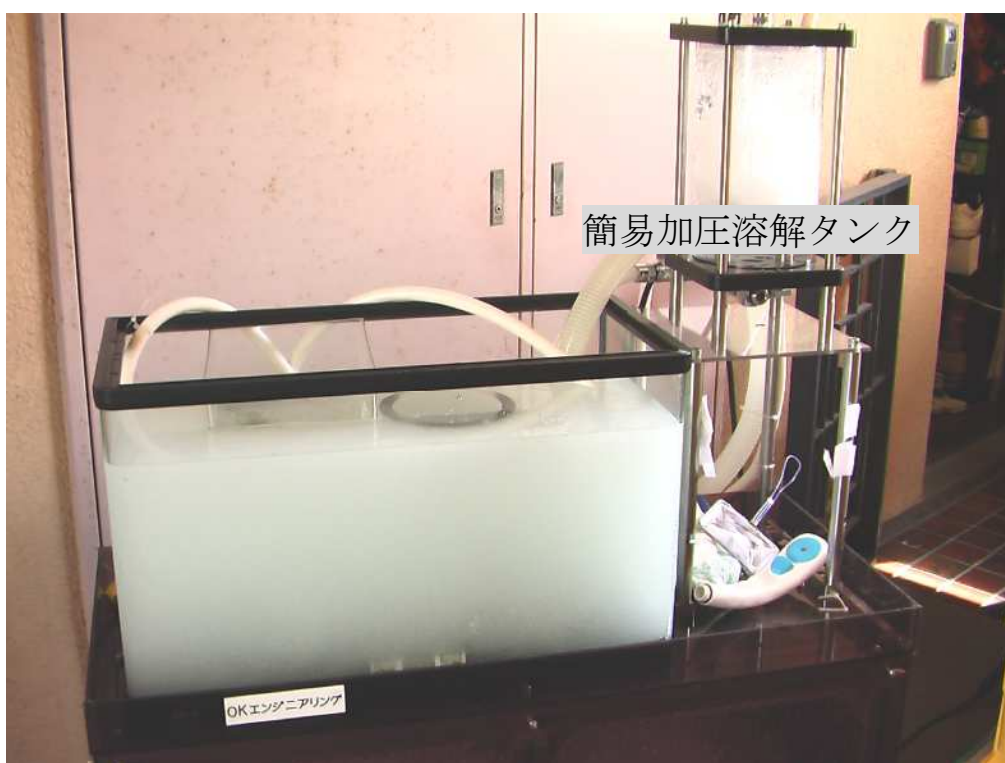
田んぼ一面に枯れたアオコがジュウタンのように浮いている

４．観賞用水槽にマクロバブルを入れる

メダカ

数十ミクロン~0.４mm の大きさのバブルが発生　　以上

５．簡易加圧溶解タンク付き実験装置　（2007.10）

吐出圧 MAX0.3MPa のポンプを使用している。

６．海水での実験写真　（2008.1.18）

ジャグジー開始からのマイクロバブルの発生状況を写真にしました。

0.0 秒　0.1 秒　0.2 秒　0.3 秒　0.4 秒

0.5 秒　0.6 秒　0.7 秒　0.8 秒　1.0 秒

1.1 秒　1.2 秒　1.3 秒　1.4 秒　1.5 秒

1.6 秒　1.7 秒　1.8 秒　1.9 秒　2.0 秒

2.1 秒　2.2 秒　2.3 秒　2.4 秒　2.5 秒

2.6 秒　2.7 秒　2.8 秒　2.9 秒　3.0 秒

3.1 秒　3.2 秒　3.3 秒　3.4 秒　3.5 秒

７．自吸テストの写真

透明なシャワーヘッドを使用してエアーの自吸状況を撮影した。使用したノズルは、No.30－③ を用いた。水道直結の給湯器から約 42℃のお湯を供給した。

親指で自吸口を塞ぐと、マイクロバブルが発生しているのが観察できる。

親指を外すと、ものすごい勢いでエアーを吸込みシャワーヘッドのパイプ部が真白になる。エアーを自吸させると脈流になり、強弱のシャワーとなる。